

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. П. ТЫРТИКОВ

О ТЕРМОТРОПИЗМЕ КОРНЕЙ В ПРИРОДЕ

(Представлено академиком В. А. Обручевым 5 IV 1951)

Температурный режим почвы играет большую роль в жизни растений, особенно в условиях Крайнего Севера, где он нередко является важнейшим экологическим фактором, формирующим подземные органы растений. Это формирующее действие температурного режима почвы проявляется, в частности, в явлениях положительного термотропизма корней.

Впервые термотропизм корней был установлен опытным путем Вортманом (4). Он показал, что корни некоторых травянистых растений, если они находятся при температуре ниже оптимальной, растут от менее нагретых участков почвы к более нагретым, т. е. обнаруживают положительный термотропизм. Наоборот, если корни находятся при температуре выше оптимальной, они растут в направлении от более нагретой части почвы

к менее нагретой, т. е. проявляют отрицательный термотропизм. По свидетельству С. П. Костычева (2) позднейшие опыты Колландера и Сирпа подтвердили данные Вортмана. Относительно явлений термотропизма в естественных условиях имеется указание у Т. К. Кварацхелия (1), не подкрепленное, однако, фактическими данными.

Автор настоящей статьи вел детальные наблюдения за ростом и распределением корней деревьев в крайней северо-восточной части подзоны елово-лиственничных редкостойных лесов в течение вегетационных периодов 1949 и 1950 гг. (3). В процессе работы наблюдались многочисленные факты положительного термотропизма корней деревьев.

В редкостойных елово-лиственничных лесах, преобладающих в ландшафте района, слой почвы с температурой выше 0° достигает мощности около 1 м лишь к концу вегетационного периода. В этом слое наблюдается резкое падение температуры с глубиной (см. рис. 1).

Как видно из графиков (рис. 1), наиболее резкое падение температуры наблюдается на глубине от 5 до 10 см, т. е. непосредственно под напочвенным покровом. В то же время этот поверхностный слой почвы имеет наиболее высокую температуру в течение вегетационного периода.

В связи с суровым температурным режимом почвы корневые систе-

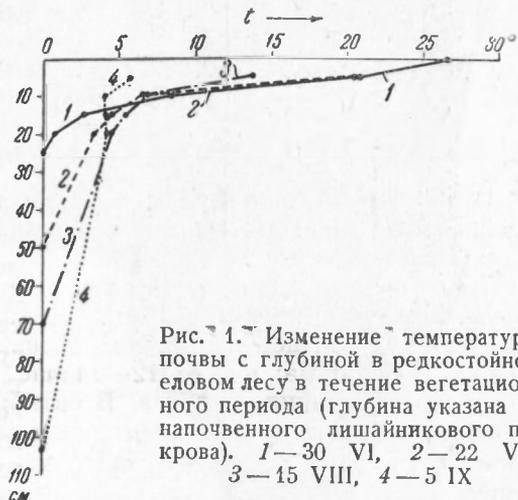


Рис. 1. — Изменение температуры почвы с глубиной в редкостойном еловом лесу в течение вегетационного периода (глубина указана от напочвенного лишайникового покрова). 1—30 VI, 2—22 VII, 3—15 VIII, 4—5 IX

мы основных лесообразующих пород района (*Larix sibirica* Ledb., *Picea obovata* Ledb., *Betula pubescens* Ehrh. и *Pinus sibirica* Mayr.) располагаются в наиболее поверхностных горизонтах почвы, не проникая глубже 40 см. Корневые системы этих деревьев в общем сходны, и значительная часть их образована длинными поверхностными корнями, растущими параллельно поверхности почвы. Поверхностные корни с момента своего возникновения интенсивно нарастают в длину обычно в течение всей жизни дерева, и благодаря этому корневая система располагается вширь. Всасывающая зона их невелика и распространяется только непосредственно за растущим в длину кончиком корня.

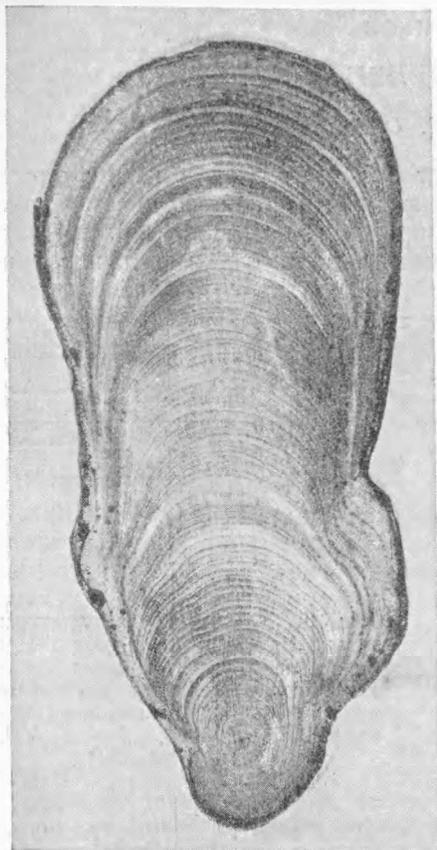


Рис. 2. Поперечный спил корня ели

От этих длинных поверхностных корней ответвляются в стороны и вниз короткие (10—50 см), сильно разветвленные корни, мельчайшие разветвления которых несут основную работу по всасыванию питательных веществ и воды. Обычно эти короткие корни обладают эктотрофной микоризой.

При наблюдениях за ростом длинных поверхностных корней установлены следующие факты положительного термотропизма их.

1. Растущие окончания поверхностных корней находятся непосредственно под живым напочвенным покровом, на глубине 5—10 см, т. е. в наиболее прогреваемом слое почвы. Они растут параллельно поверхности почвы. Если на пути растущего корня встречается кочка, хотя бы и очень незначительного размера, то корень не пронизывает ее, а растет сначала вверх, а затем вниз. Следует отметить, что по мере удаления от поверхности кочки к ее середине температура почвы падает почти так же резко, как и при углублении в почву на ровных участках. Вследствие этого корни не углубляются в почву и не проникают в глубь кочки.

2. Длинные поверхностные корни в течение каждого вегетационного периода нарастают в толщину, однако рост этот происходит чрезвычайно неравномерно. Нижняя сторона корня в первые годы жизни нарастает медленнее вследствие более низкой температуры почвы, чем верхняя. В последующий период утолщение нижней стороны корня совершенно прекращается, так как, благодаря нарастанию торфа сверху, температура почвы около нее с каждым годом становится все ниже. С этого момента рост в толщину происходит только на боковых и на верхней сторонах корня, причем на боковых сторонах годичный прирост в толщину меньше, чем на верхней. В результате корень взрослого дерева на поперечном спиле имеет обычно продолговато-обратнояцевидную форму (см. рис. 2).

Многочисленные факты положительного термотропизма поверхностных корней, наблюдаемые в природе, подтверждаются также и опытами.

1. Непосредственно перед растущим концом корня лиственницы была выкопана яма до горизонта почвы с температурой ниже нуля. В эту почву были вбиты железные брусья таким образом, что верхние концы их были несколько ниже конца корня. На верхние концы брусьев был насыпан незначительный слой почвы, который был закрыт тем же напочвенным покровом, который был на этом месте раньше. Конец корня находился на расстоянии 2 см от граней брусьев. Железные брусья хорошо проводили холод от нижних горизонтов почвы к ее поверхности. Через

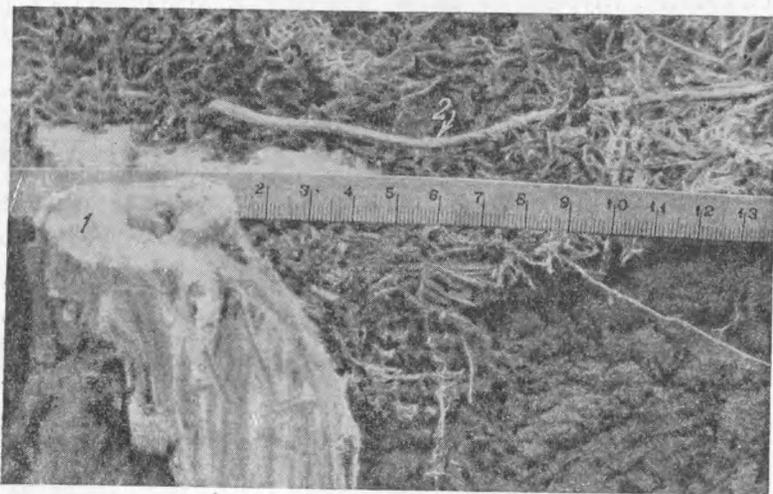


Рис. 3. Изменение направления роста корня лиственницы под влиянием одностороннего охлаждения. 1— верхний конец железного бруса, окрашенный мелом, 2— положение кончика корня в начале опыта

10 дней после начала опыта температура почвы около конца корня оказалась равной $+4^{\circ}$, в то время как на той же глубине на расстоянии 50 см от установки она была $+15^{\circ}$ при температуре воздуха $+22^{\circ}$. Таким образом, температура у конца растущего корня была значительно понижена в течение всего периода роста его.

В связи с этим корень изменил направление своего роста и начал расти косо вверх, огибая участок сильно охлажденной почвы в направлении к поверхности почвы, т. е. по направлению к участку с более высокой температурой (см. рис. 3). За время с 25 VII по 26 VIII корень удлинился на 55 мм. В этом опыте были сохранены все естественные условия роста корня, кроме температуры.

2. Стекла от керосиновых ламп, набитые почвой, зарывались на глубину 10—25 см в горизонтальном положении. Отверстия их были плотно закрыты пробками, в одной из которых было сделано отверстие; в это отверстие пропускался конец поверхностного корня. В конце вегетационного периода, когда стекла были откопаны, обнаружено, что все корни изогнулись и росли по верхней внутренней поверхности стекла, т. е. в наиболее теплой части почвы. В этих опытах как увлажнение, так и распределение питательных веществ в почве было равномерным, изменялась только температура.

Эти опыты подтверждают наблюдаемый в природе рост корней от участков почвы с низкой температурой к участкам почвы с более высокой температурой.

В районе исследований явления положительного термотропизма корней деревьев имеют широкое распространение вследствие большого температурного градиента в самом верхнем слое почвы.

Явления термотропизма у поверхностных корней не наблюдаются там, где нет резкого падения температуры с глубиной (на равномерно прогреваемых песчаных почвах, лишенных торфянистого горизонта).

Изменения условий питания, аэрации и увлажнения в зоне распространения окончаний поверхностных корней происходят не настолько резко, чтобы вызвать явления, аналогичные термотропизму. Кроме вышеизложенных опытов, подтверждающих это заключение, прямые опыты по улучшению аэрации поверхностных корней показали, что улучшение аэрации даже на глубине 20 см не приводит к ускорению их роста в длину. Ясно, что на глубине 5—10 см корни не страдают от недостатка кислорода в этих условиях.

Биологическое значение явлений положительного термотропизма вытекает из основной функции длинных поверхностных корней — распространения вширь корневой системы. Для успешного осуществления этой функции необходим как можно более быстрый их рост в длину. А наиболее быстрый рост в длину, как показали многочисленные наблюдения и опыты, происходит при наиболее высокой температуре почвы в данных условиях.

Следовательно, положительный термотропизм корней является полезным приспособлением, выработанным в своеобразных почвенно-температурных условиях среды.

Институт мерзлотоведения им. В. А. Обручева
Академии наук СССР и
Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
27 III 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. К. Кварацхелия, Тр. Груз. с.-х. ин-та, 27 (1947). ² С. П. Костычев, Физиология растений, 2, 1933. ³ Пояснительный текст к карте растительности СССР 1940 г., изд. АН СССР, 1941. ⁴ J. Wortmann, Bot. Zeit., No. 50, 13, 41 (1883—1885).